

物理現象に対する高校生の認識の実態とその指導

新潟県立新井高等学校教諭 黒 木 義 男

はじめに

私はここに文献をあさり、テーマをみつけ、それを研究した結果を発表するのではない。私は生徒に指導した物理現象について、授業中の生徒との質問の応答や休み時間あるいは放課後の生徒との話し合いによって生徒に思わぬ認識の盲点があることを知った。その一例をあげ、これをどのように解決したかを述べてみたいと思う。

1 とりあげた例

眼は、レンズによって網膜上に物体の像を作らせるものである。という眼の作用を生徒はどのように理解してくれたか。

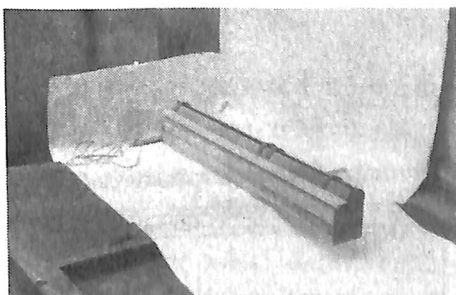
2 とりあげた理由

眼についての生徒の解釈は、眼のレンズは水晶体をさし、角膜は眼の保護作用としてのみ役だっているものと思っている。そこで私は、眼というものは角膜でもはや像を作り、水晶体がその像を網膜の上に結ぶよう調節してくれるのである、と説明しても納得はしない。

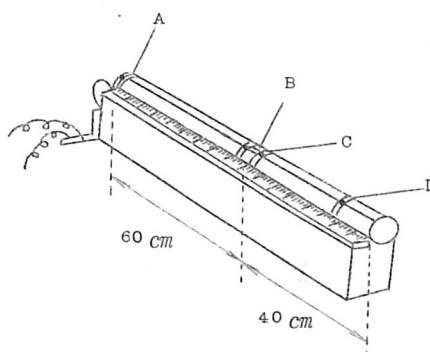
3 解決に役だった実験

眼の模型として、第1図の写真のようなものを試作した。この写真のうつしが第2図である。なお部分品は第3図の写真にのせておく。

第1図



第2図



第2図および第3図にもちいた記号の説明を
すると、

第3図

A……光源（物体）十字線

B……近視眼鏡（凹レンズ）

C……水晶体（凸レンズ）

D……網膜（乳白ガラス）

E……遠視眼鏡（凸レンズ）

F……水を入れても漏らないように、パイプ
と同じ厚さのビニール板で塞がれている。

G……角膜（球面体）時計皿を張りつけてあ
って、GF間に水を入れても漏らないようにしておく。

H……角膜のときの時計皿

さらに詳しい説明を第4図ですると、

(イ) 長さ100cmのビニールパイプの上部に
0.5～1.0cm位の溝を全長通して一本切り込む。

(ロ) 上記の溝を自由に移動できるように光源
（十字線が切りぬいてある）P、網膜（乳白ガラ
ス）Rを作る。

(ハ) ビニールパイプの全長100cmを60cm
と40cmの二つの部分に分割する。

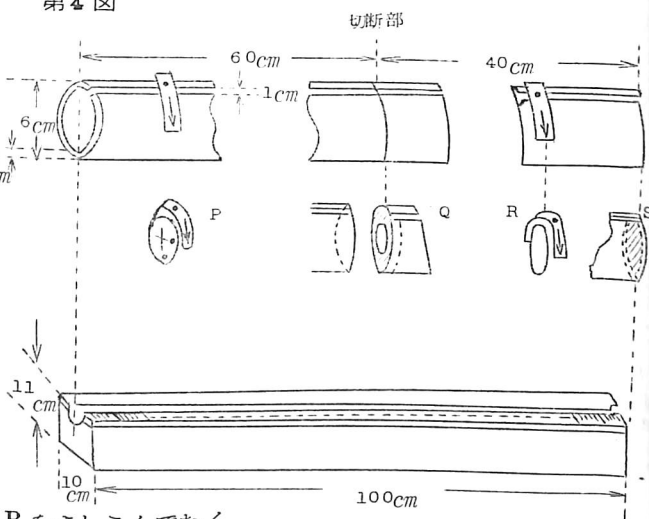
(ニ) 40cmのパイプには角膜に相当する時計
皿Qを張りつけ、この中に水を入れても漏らな
いように時計皿以外の部分をビニール板で塞ぎ、
また他端Sも塞ぐ。

(ホ) 40cmのパイプの部分には最初から網膜のRをさしこんでおく。

(ヘ) 60cmのパイプには十字線の入った光源Pがはいれるようになっている。

(ト) 上記のビニールパイプを乗せる台は、100cmの木台にパイプの大きさの溝を掘り、横に100cm
の木製のもの指しを水平に張りつけた。

第4図



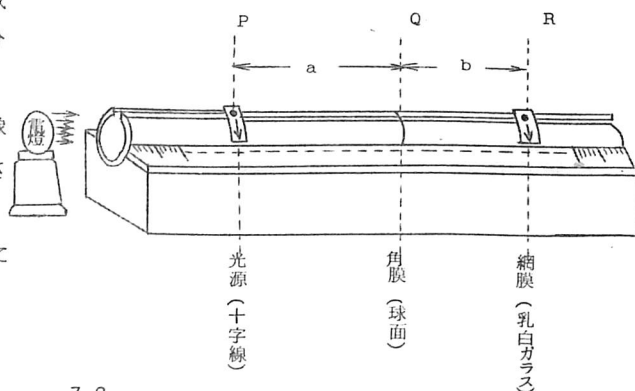
実験する時は第5図のように、もの指しづき
の木台に、上記の加工したビニールパイプを載
せる。光源と網膜だけを設備して、網膜の部分
にじゅうぶん水を入れる。

このように準備してから光源Pの十字線の像を、
角膜のQを通過させて、網膜のRに結像させその
aとbの長さを実測するのである。

このように測定した結果が第6図のグラフに
なった。

このグラフで二本の漸近線は、

第5図



$$a = \frac{r}{n-1} = 13.9$$

$$b = \frac{r}{n-1} \times n = 18.5$$

である。

ただし $n = 1.33$ とみた。

また球面半径の r は、

$$\frac{1}{a} + \frac{n}{b} = \frac{n-1}{r}$$

として、測定値の a, b から r の値を計算した。

その結果の平均値は、 4.60cm となった。スフェロメーターによる測定値は、

$r = 4.55\text{cm}$ とでた。

つぎは、角膜と網膜との間に水晶体に相当する凸レンズを入れた場合の実験をしてみる。水晶体は角膜にくっつけたが、角膜と水晶体の間隔は 1cm と見られた。かくして a と b を実測した。この時の a は光源と角膜の距離、 b は水晶体と網膜の距離である。第1表がこの結果である。この表には水晶体を入れなかった場合と、入れた場合を比較する意味から併記した。

水晶体を いれない時	a	b	水晶体を 入れた時	a	b
	60cm	23.7cm		60cm	13.5cm
	55	24.5		55	14.0
	50	25.8		50	14.5
	45	26.9		45	15.0
	40	29.0		40	15.5
	35	31.0		35	16.0
	30	33.0		30	16.5

第1表

つまり、水晶体を入れることによって結像の位置がずっと短くなることがわかった。

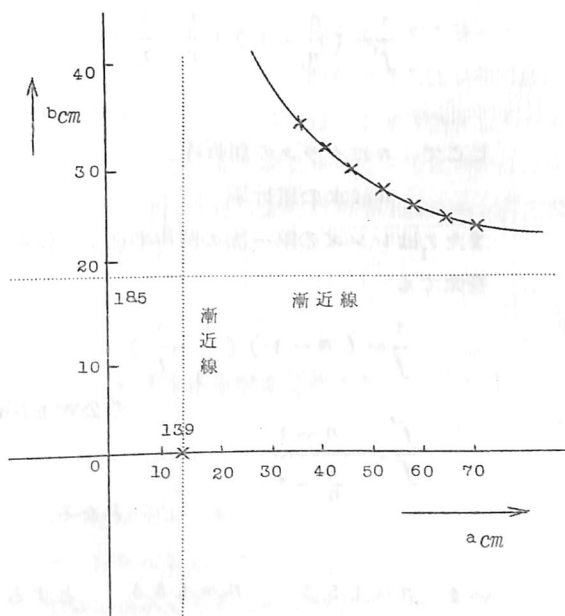
さらに近視や遠視の実験として、第5図の装置をそのままつかい、ただ角膜の前にきょう正すべきめがねを設けた。このめがねと角膜の間隔はおよそ 1cm で、この実験で用いたきょう正鏡の強度は、近視……— 1.75 ジョプトリー、遠視……… + 2.75 ジョプトリーである。

結果は第2表である。近視眼鏡を用いると結像の位置が延び、遠視眼鏡を用いると結像の位置が縮むことがわかる。これで眼の作用についての原理的な概念が生徒につかみえられたのである。

ここで私はさらにつぎの考察へと発展していった。この装置をそのまま光学台として使用してみた。角膜の時計皿はそのままにしておき、水を入れないで水晶体の焦点距離を測ったところ、 f の値 9.5cm を得た。

ところで、前の実験で角膜による結像が水晶体に対しては a の値が負

第6図



第2表

	a	b
きを場 よ用合 うい 正な 鏡い	60cm	13.5cm
	50	14.5
	40	15.5
	30	16.5
近い 視た 鏡を 合用	60	17.5
	50	18.5
	40	20.0
	30	22.5
遠い 視た 鏡を 合用	60	11.5
	50	12.0
	40	12.5
	30	13.5

になる。その a の負に対して b は正の値となり、実像として結像する。

このことを少し詳しく考察すると、第 1 表から水晶体に対する a b の値は第 3 表となる。これからして同じ水晶体の焦点距離は、空气中では 9.5 cm となり、水中では 3.4 cm となった。

第 3 表

そこで空气中での焦点距離は

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$$

の公式を用い、

水中では

$$\frac{1}{f'} = \left(\frac{n}{n_0} - 1 \right) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

の公式を用いる。

ここで n はガラスの屈折率

n_0 は水の屈折率

また r_1 はレンズの第一面の曲率半径、 r_2 は第二面の曲率半径である。

空気でも

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

の公式を用いるとすると、

$$\frac{f'}{f} = \frac{n - 1}{\frac{n}{n_0} - 1}$$

となる。

いま $n = 1.53$ $n_0 = 1.33$ とすると

$$\frac{f'}{f} = 3.6$$

となり、 $f = 9.5 \text{ cm}$ とすれば

$$f' = 3.4.3 \text{ cm} \text{ となる。}$$

まあかかる事実の実証実験ともなったわけである。

む す び

教師が指導したことを生徒がどのように理解してくれたかを知るとは極めて大切なことである。そしてそれを知らねばならぬ。したがって授業後は必ず何等かの方法でこれを知ること努力してきた。ところがこれを知ることとはたいへんむづかしいことである。指導内容そのものをはっきり理解するに困難であると思われた時は、このように実験してみせることが有力な解決策である。

しかしその実験も簡単な装置や、既設の設備を使ってできるものばかりではない。独創的な道具の考案も必要になることがある。しかも実験による実証の不可能な現象もある。でも一つ一つの解決策をねって今後とも生徒指導にあたる積りである。